

## FORMACIÓN DE INGENIEROS PARA LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN COLOMBIA

MAURICIO DUQUE, ALAIN GAUTHIER,  
RAFAEL GÓMEZ, JAIME LOGUERRERO Y ÁLVARO PINILLA

Facultad de Ingeniería (CIFI)

Universidad de Los Andes, Bogotá

RAFAEL AUBAD, HUGO LÓPEZ

Corporación CIDE, Medellín

**RESUMEN.** El presente artículo recoge los puntos principales del estudio elaborado por un equipo interdisciplinario de profesionales de la Corporación para el Desarrollo de la Investigación y la Docencia Económica (CIDE) y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes (CIFI). El estudio tuvo como objetivo general evaluar la oferta de recursos humanos en ingeniería para responder eficazmente a la innovación y al desarrollo tecnológico. El texto presenta algunos de los resultados y recomendaciones emanados del estudio en lo que respecta a la problemática de la educación superior en la formación de los ingenieros en Colombia. Adicionalmente evalúa las facultades de ingeniería y trata algunos aspectos del mercado laboral de los ingenieros: inserción laboral y tendencias futuras basado en una encuesta a 84 empresas- y el papel que cumplen los ingenieros en las firmas más avanzadas en materia de innovación técnica y tecnológica.

**ABSTRACT.** This work summarizes an interdisciplinary study conducted by the Corporation for Research and Learning in Economics(CIDE) and The School of Engineering of La Universidad de los Andes. The purpose of the study was to evaluate the human resources offer in engineering in order to be prepared for innovation and technology research and development. The paper presents results about Colombia's higher education in engineering and about the labor market development in the field of engineering.

### 1. EDUCACIÓN SUPERIOR Y FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS EN COLOMBIA

La demanda laboral por personal con formación universitaria ha sido muy dinámica en Colombia, en particular durante los años noventa. No obstante, a pesar de sus progresos recientes, la respuesta del sistema educativo superior no ha sido la esperada (nuestra tasa de escolaridad superior es todavía modesta; un porcentaje creciente de bachilleres no logra ingresar al sistema). De manera paradójica, sobran cupos en el primer nivel, en especial en las instituciones menos consolidadas que son las que han aportado la mayor parte de los nuevos cupos en todas las áreas y en particular en la de ingeniería; existen sesgos por modalidades (la demanda de carreras técnicas y tecnológicas, cortas y económicas, es inferior a la de las profesionales universitarias) y la

sobrereacción de la oferta de profesionales al alza en la demanda laboral de los noventa terminará por producir excesos futuros en ciertas áreas; caso de la ingeniería, donde el número de graduados sobre pasa ya los estándares internacionales. Para hacer un balance de la situación es preciso revisar el comportamiento de la demanda por educación superior en Colombia -y en especial por las ingenierías-durante los últimos años.

**1.1. Baja tasa de escolaridad superior frente a la de otros países.** La tasa bruta de escolaridad superior se había más que duplicado entre 1970 y 1980; para 1990 había aumentado apenas un 33%, hasta situarse en el 13,6%. Durante los noventa el país pudo elevarla considerablemente hasta el 17,8% en 1996. Sin embargo, Colombia, que superaba ampliamente el "patrón normal" de América Latina en

*Palabras Claves.* Ingeniería, Educación, Desarrollo tecnológico, Colombia.

**KEY WORDS.** Engineering, Education, Research and Development, Colombia.

El estudio fue patrocinado y financiado por el Departamento Nacional de Planeación (vía el PNUD) y Ciencias, entidades a las que debemos expresar nuestro reconocimiento. Adicionalmente, los grupos que desarrollaron el estudio expresan su agradecimiento a ACOFI por el permanente interés durante la realización del estudio.

la década del setenta, fue perdiendo paulatinamente esta ventaja: en la actualidad se encuentra 12 puntos por debajo del patrón alto (30%).

**1.2. El papel de las universidades privadas en la oferta educativa.** La preferencia del alumnado por instituciones públicas de educación superior tiende a reducirse: 54,5% en 1970, 40,9% en 1980, 39,7% en 1990, 33,2% en 1995 y 31,6% en 1996. Entre 1990 y 1995 la población estudiantil universitaria creció en 175.000 personas, y las instituciones públicas sólo captaron el 15% de ese incremento; las privadas, en cambio, aumentaron su población estudiantil en 148.500 personas, equivalentes al 85% del incremento del período. Lamentablemente, la expansión de la universidad privada no sólo ha sido acelerada sino desordenada: entre 1960 y 1993 se multiplicó por 14 el número total de universidades de carácter privado, y proliferaron instituciones sin condiciones para ofrecer educación superior de calidad. En su gran mayoría los nuevos cupos se crearon en horario nocturno: el 45% de los estudiantes de pregrado en las universidades privadas está matriculado en jornada nocturna.

**1.3. La demanda parece sesgada hacia carreras largas.** Entre 1982 y 1992 la educación superior se orientó progresivamente hacia carreras técnicas y, sobre todo, tecnológicas: su importancia para los matriculados en pre y postgrado pasó del 15 al 24%. A pesar del desatraso la cifra resultaba inaceptable para el grado de desarrollo alcanzado por el país, pues naciones de desarrollo similar, con un PIB de entre 1.000 y 2.000 dólares por habitante, exhiben un porcentaje mucho más elevado: 34,5%. No obstante esta tendencia se invirtió desde 1993: 20% en 1996 (del 8 al 5,5% en carreras técnicas; del 16 al 14% en tecnológicas). Los programas universitarios y, sobre todo, los postgrados, han vuelto a ganar importancia. Naturalmente el alargamiento de la duración media de los estudios superiores eleva los costos por egresado.

**1.4. Aumento constante del número de estudiantes de ingeniería.** La población estudiantil en el área de la ingeniería creció en un 71% entre 1987 y 1996, cifra muy superior frente a los indicadores económicos y demográficos del país, e incluso frente a estándares internacionales. Si se divide el número de graduados en un año reciente entre el PIB del país, y se escala este número por una constante apropiada, se obtiene un indicador para efectuar comparaciones internacionales. Ese indicador sugiere lo siguiente:

- Para los países desarrollados, este indicador se toma como 1 para comparación. Tienen un número de ingenieros activos importante y una situación estable, lo cual lleva a su sociedad y a su aparato productivo a demandar un número moderado de ingenieros.
- En los países en vías de desarrollo el indicador se ubica entre 2 y 8. Esos países están en proceso de crecimiento acelerado, y, con relación a su población, tienen un número de ingenieros activos considerablemente menor que los países desarrollados. El número de ingenieros que se gradúan es muy superior con respecto al PIB del país.
- El caso colombiano sale completamente de los rangos encontrados; pues su indicador es 12, con respecto a países desarrollados.

**1.5. Expansión de las subáreas de la ingeniería.** La expansión de la población estudiantil en los programas de ingeniería ha sido muy dispareja por subáreas (crecimientos 1987-1996 de entre el 11 y el 202%). Algunas, de claro impacto en el desarrollo básico del país, han tenido un crecimiento muy modesto, mientras otras han crecido excesivamente. El bajo crecimiento del alumnado en ingeniería eléctrica contrasta con las necesidades que en infraestructura eléctrica tiene el país. El de ingeniería electrónica ha sido muy acelerado (la población total de egresados se está duplicando cada 3 a 4 años). Muy probablemente esta formación está drenando estudiantes a la carrera de ingeniería eléctrica debido al desconocimiento de los estudiantes sobre las similitudes y diferencias entre las dos formaciones.

**1.6. En Colombia se invierte la pirámide educativa superior.** En el ámbito internacional las preferencias por formación técnica, tecnológica y profesional se pueden representar mediante una pirámide en cuya base, la más importante en tamaño, se encuentra la formación técnica. La formación superior colombiana en ingeniería no sigue ni al mercado laboral colombiano ni a las tendencias internacionales, pues conforma una pirámide invertida, en la cual la formación profesional ocupa la base.

**1.7. En la formación en ingeniería el mayor crecimiento ha sido aportado por instituciones de poca consolidación.** En 1987 cerca de la mitad de los estudiantes de pregrado en ingeniería estaban en instituciones consolidadas; en la actualidad esta cifra ha caído a casi a un tercio y la mayor parte se encuentra concentrada en instituciones de consolidación media a baja. La mayor parte de los

egresados futuros provendrá de estas últimas instituciones.

## 2. EVALUACIÓN GLOBAL DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA

**2.1. Orientación de los programas.** Desde hace ya algún tiempo se vienen generando inquietudes, tanto en el país como en el exterior, sobre la formación en ingeniería. Estas inquietudes cubren diversos temas: orientación y contenidos de las carreras, metodologías docentes, habilidades que se deben desarrollar, etc. Se suele mencionar aspectos como recarga de contenidos en los currículos, falta de claridad en los objetivos, escasa integración del conocimiento y excesiva profesionalización, entre otros. A continuación de detalla cada uno de estos aspectos.

**2.1.1. Recarga de contenidos en los currículos.** La incorporación de conocimiento suele ser puntual (sin estudio crítico de su importancia en el currículum), e incremental (no implica desaparición de conocimientos previos).

**2.1.2. Carga académica.** La carga académica debe estar acorde con el esfuerzo que requiere el curso. Un plan de estudio con 6 o 7 cursos por semestre es una carga pesada, ya que implica una alta diversidad de temas de estudio (el estudiante dedicaría entre el 17 y el 14% de su tiempo de estudio a cada curso).

**2.1.3. Falta de claridad en los objetivos.** Aparte de saber algo, es preciso generar conciencia de por qué o para qué se aprende, cómo se integra un conocimiento al resto de temas de estudio. En esto las universidades presentan vacíos notables. Falta de integración del conocimiento. Un currículo debe conformar un todo integrado, pero la estructura de los cursos tiende a encapsular el conocimiento.

**2.1.4. Aprendizaje descontextualizado.** El estudiante tiene diferentes motivaciones al elegir una carrera: interés por el tema, la proyección que le ve, la categoría que proporciona, etc., lo cual implica que la motivación es por la carrera y no por las materias que la componen. Parte de la labor del profesor es mostrar la importancia y el interés de los diversos temas de estudio. Excesiva profesionalización. Los currículos pueden tener sesgos hacia ciertas especialidades en desmedro de otras.

**2.1.5. Escasas actividades conducentes a desarrollar habilidades y a generar conciencia.** La universidad colabora en el desarrollo de diferentes aspectos de la persona, como son:

- Conocimiento complementario: un ingeniero puede necesitar conocimiento en disciplinas como economía y administración, humanidades y ciencias sociales y, eventualmente, derecho o sociología.
- Adquisición de habilidades: en ingeniería es preciso adquirir habilidades -entendidas como la capacidad de realizar ciertas actividades- como análisis y síntesis, modelaje, diseño, optimización, etc. Así mismo, en comunicación el ingeniero requiere: expresión oral y escrita, trabajo en grupo, etc., y otras más generales como manejo del tiempo, toma de decisiones y aprender a aprender.
- Desarrollo de actitudes: entendidas como disposición hacia algo; en ingeniería las deseables pueden ser: responsabilidad social, conciencia ambiental, espíritu emprendedor, etc.
- Reafirmación de valores, entendidos como comportamiento deseable: ética, respeto por la diferencia, aprecio por el conocimiento.
- Desarrollo de cualidades: características positivas de una persona, como la creatividad, la iniciativa, el liderazgo, el pensamiento crítico y la adaptabilidad.

**2.2. Tendencias del medio laboral.** A lo antes expuesto se une que el medio laboral espera, o exige, que los profesionales que acoge tengan ciertas características, como la adaptabilidad al medio y la formación permanente, la competitividad -el medio laboral cada vez se internacionaliza más, y requiere que sus profesionales estén a la par con los de otros países-. Así mismo, es fundamental la capacidad de integrarse a un equipo, de entender cómo piensan otras personas y así optimizar la comunicación entre ellas. Por último, por ser los que más dominan la tecnología, buena parte de la responsabilidad en la creación de empresas recae sobre los ingenieros.

**2.3. Orientación de los programas en Colombia.** Con el fin de localizar los programas en Colombia en el contexto antes descrito, a continuación se presentan las características que los programas suelen presentar.

En cuanto a las alternativas de formación (tipos de formación: tecnólogos, ingenieros, y formas de los programas: nocturnos, no presenciales, etc.), se percibe una tendencia a no mezclar la formación de ingenieros con la de tecnólogos, aunque se considera

viable mediante alianzas con instituciones especializadas en esta formación. La situación en varios países de Europa es similar; el paso de una formación a la otra puede implicar exámenes o nivelaciones. Se ve con interés a las especializaciones y maestrías, pero no a los programas nocturnos o no presenciales (excepto para adelantar especializaciones).

En cuanto a la efectividad institucional, no parece claro que exista una racionalización sobre cómo o por qué los currículos propuestos cumplen con los objetivos establecidos. Además no hay estrategias muy definidas para controlar la calidad, ni para medir el nivel de logro de resultados. La mayoría de las instituciones no disponen de indicadores para mejorar la calidad y orientación de los programas. Si se piensa en la formación como un todo, faltan mecanismos para orientar a las universidades en cuanto a las necesidades del país y el estado del sistema.

Por otra parte, faltan políticas institucionales en lo relacionado con metodologías de formación; aunque existen inquietudes e ideas, no hay planes concretos. No suele haber aproximaciones novedosas e integrales al currículo, con propósitos claramente definidos y basadas en hipótesis pedagógicas de soporte.

Con respecto a las características de la formación, los currículos están demasiado cargados y se basan sobre todo en la clase presencial, lo cual dificulta que el estudiante asimile y desarrolle habilidades cognoscitivas.

No hay mucho énfasis en la formación sociohumánica del ingeniero, ni espacios adecuados para su formación interdisciplinaria (apertura a otras disciplinas, perfiles mixtos). Tampoco se abre mucho campo para ampliar las opciones profesionales. Esto ocurre porque la electividad es baja (tanto en lo profesional como en lo tocante a otras disciplinas), lo cual impide generar diversos perfiles e incentivar aproximaciones interdisciplinarias. En consecuencia, la formación en ingeniería en Colombia:

- Auspicia el fraccionamiento de los títulos y los currículos enciclopédicos.
- Le resta panorámica profesional al estudiante.
- Genera una competencia con las especializaciones y las maestrías.
- No enfrenta adecuadamente al estudiante a la diversidad de campos profesionales y de empleos.

Súmese a todo lo anterior que la capacidad informática se desarrolla pero no de manera institucional. El computador se usa en la formación de ingeniería (en cursos profesionales), pero no suele responder a un plan comprensivo de la institución, sino más a iniciativa personal de los profesores. No

es claro su uso como herramienta pedagógica. En cuanto a las redes, aunque se reconoce su importancia, los recursos son escasos y hay muy poca cultura al respecto.

Los contactos con las empresas son realizados casi siempre por estudiantes y poco por los profesores. Los primeros realizan con frecuencia (no siempre) la práctica empresarial o industrial, en general de manera electiva, así como proyectos de grado con las empresas. En cambio, no se suele exponer a los profesores (o no desde la institución) al ambiente empresarial y productivo; por lo mismo, no hay un volumen notorio de proyectos conjuntos. La educación continuada y corporativa se presenta en mayor cuantía: las universidades están interesadas por estas actividades, pero no tienen experiencia sobre cómo proceder.

La generación de conciencia ambiental, social y ética se hace aisladamente de la formación profesional; así mismo, suele darse en cursos y no de manera vivencial.

Las instituciones no definen claramente y de antemano las habilidades que desean desarrollar en sus estudiantes, la forma de lograrlo y la manera de medir el cumplimiento de logro. Mencionan especialmente que buscan fomentar en sus estudiantes habilidades de comunicación, liderazgo y emprendimiento, pero presentan vacíos cuando se les pregunta por actividades específicas y estructuradas para hacerlo.

En la universidad colombiana la investigación es incipiente, y no juega un papel claro en la formación de los estudiantes, aunque se reconoce su importancia y es uno de los aspectos que interesa fortalecer. Es necesario un esfuerzo en capacitación de los docentes, así como un mayor desarrollo de los programas de maestría.

En cuanto a la planta profesional, las instituciones manifiestan la necesidad de aumentar su nivel de formación; algunas tienen planes de capacitación de profesores y han definido políticas de contratación que exigen postgrado.

**2.4. Síntesis.** Las instituciones colombianas son conscientes de las grandes tendencias mundiales en la formación de ingeniería: el desarrollo de habilidades, el uso racional de la informática, la generación de conciencia ambiental y ética, la formación interdisciplinaria, el incremento de las capacidades de comunicación y para el trabajo en grupo, el espíritu empresarial, el contacto con las empresas, etc.

Pero una cosa es ser consciente y otra tener mecanismos efectivos y adecuados para satisfacer estas necesidades. Se realizan actividades, pero no parecen haber sido completamente asimiladas en el

currículo y no hay claridad sobre la manera de hacerlo. Para que la formación de ingeniería en Colombia esté acorde con las tendencias mundiales es necesario aproximarse al currículo como un todo compuesto por cursos, metodologías, profesores y materiales, y hacer una planeación integral. Debe estar claro el objetivo perseguido, la forma de lograrlo y los mecanismos de evaluación.

En nuestro país los currículos son "conservadores"; hay poca experimentación y su estructuración y metodologías son bastante clásicas. Tienden a estar más basados en la enseñanza que en el aprendizaje, en la instrucción más que en la formación, en la asimilación más que en la comprensión.

El estudiante dispone de pocas oportunidades para acomodar el currículo a sus objetivos, más bien es al contrario; tampoco tiene muchas oportunidades para definir diferentes perfiles en la misma profesión o entre profesiones.

Los medios utilizados también son bastante clásicos, y la tecnología tiene un papel marginal. No se trata de utilizar la tecnología como la panacea, sino de incorporarla al quehacer docente y como herramienta de trabajo para el estudiante. Al marginar del proceso educativo la tecnología informática y las redes, se desestimula la formación a distancia, práctica generalizada, y con éxito, en otros países. Aunque se percibe cierta reticencia hacia la formación a distancia para el pregrado, no puede negarse las facilidades que ofrece este sistema para otras actividades docentes: especializaciones, educación continuada o, incluso, conferencias y seminarios.

En las actividades de capacitación extrauniversitaria y contacto con el medio laboral, el énfasis está en el desarrollo del estudiante y poco en el del profesor: es necesario pensar en la capacitación pedagógica, profesional y en investigación del docente universitario. Es preciso resaltar que se detecta como un punto débil el tiempo de dedicación laboral y el nivel de preparación académica de los profesores.

### 3. RELACIONES UNIVERSIDAD-EMPRESA

En el aspecto de formación de los recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico, debe existir una relación entre los centros de formación y el sector externo que recibirá a los formados. La premisa es que mientras más y mejores relaciones existan entre los centros de formación y el sector externo, más beneficios para todos: los egresados pueden cumplir con los objetivos propuestos de avanzar

en el desarrollo tecnológico, se favorece el incremento de innovaciones y se aumenta la competencia del sector industrial y de servicios.

En los países desarrollados se estima que el desarrollo en tecnología está ligado, al menos en parte, a esta relación, que también favorece al sector universitario permitiéndole ser efectivo gracias al subsidio del sector externo (Estado y empresa privada), y que permite una apropiación del conocimiento más ajustada al ambiente real de trabajo que encontrará el egresado.

**3.1. Relación oferta - demanda.** Una forma de describir las relaciones entre el sector externo y el universitario consiste en considerar al primero como un sector que necesita suplir necesidades en preparación y formación de profesionales, adaptación, puesta a punto y actualización de la tecnología, solución de problemas puntuales en la actividad de la empresa y fortalecimiento para desarrollo tecnológico e innovación.

La universidad colombiana ofrece al sector externo la educación superior de los profesionales, pero no está cumpliendo correctamente la demanda de los otros servicios. Los contactos entre la universidad y el sector externo se pueden tipificar según varios parámetros: Según el objetivo académico, es decir, ambos sectores entran en contacto para orientar la planeación, a mediano y largo plazo, de la actividad académica y otras actividades consideradas importantes y estratégicas para la universidad. También para realizar proyectos de grado o tesis con la industria, prácticas empresariales o pasantías de los estudiantes y los profesores.

La empresa presta a la universidad servicios de medición certificada independiente, asesoría o concepto ingenieril imparcial, como educación continuada, especializaciones, educación corporativa y programas universidad empresa.

Es indudable que con alianzas estratégicas entre la universidad y el sector productivo hay desarrollo e innovación en tecnología, pues se facilita la realización de grandes proyectos de infraestructura, convenios universidad-industria, pasantía de profesores en la industria y convenios interinstitucionales.

**3.2. Diagnóstico.** Antes de proponer estrategias para optimizar las relaciones entre la universidad y el sector externo, es necesario hacer un diagnóstico de la manera en que esas relaciones se presentan en la actualidad, teniendo en cuenta los datos que aporta la investigación en este sentido realizada por el CIDE de Medellín y la Facultad de Ingeniería de

la Universidad de los Andes de Bogotá. Podemos concluir, entonces:

1. Unas pocas universidades están haciendo un esfuerzo por establecer relaciones con las empresas y están teniendo éxito en esta labor. Esto indica que en el pasado su actitud era la contraria.
2. La innovación y el desarrollo tecnológico nativo es exiguo, por tanto las empresas que manejan estos componentes no están dispuestas a trabajar en ellos con profesionales del país.
3. En el caso de las universidades los recursos han sido muy escasos; Colciencias no aporta cifras adecuadas en el área de tecnología y la industria no aporta recursos a las universidades para este fin. La industria muestra una apatía casi total a destinar recursos en el desarrollo de tecnología o a asignar dineros como capital de riesgo.
4. Las universidades subsidian al sector externo en muchas de las pocas actividades relacionadas con investigación y desarrollo (I + D). En el caso de las universidades públicas, el Estado es la fuente de financiación, en el caso de las privadas el dinero sale de los ingresos de la universidad.
5. Se concluye, sin embargo, que hay una tendencia a fortalecer las relaciones debido al cambio de actitud de una fracción de la academia hacia el sector externo. Se ha entendido que los profesores y los estudiantes son los protagonistas de los contactos y del desarrollo de las relaciones entre la universidad y el sector externo.

**3.3. Síntesis.** El nivel de cooperación entre universidad y sector externo es realmente bajo. No obstante, empieza a crecer gracias a un cambio de actitud de los protagonistas. Ahora bien, esta buena actitud requiere que se genere infraestructura y que se aporten fondos que permitan el desarrollo armónico de las actividades.

Como causas del bajo nivel de actividad se pueden mencionar:

1. Buena parte de las universidades no tienen experiencia de relaciones con el sector externo y desconocen las posibilidades de interacción.
2. Inseguridad sobre el posible beneficio común de estas acciones.
3. Falta de experiencia laboral de los académicos en la industria.
4. Desconfianza y apatía de la industria hacia las universidades.

5. Falta de tradición en arriesgar capitales hacia la innovación y desarrollo tecnológico.
6. Esquemas inadecuados para fomento de inversiones de riesgo en innovación y desarrollo tecnológico asociadas a la universidad.
7. Deficiencias en infraestructura tecnológica de las universidades.
8. Deficiencia en personal capacitado para investigación en universidades y empresas.

**3.4. Acreditación de programas.** El sistema de acreditación en Colombia no ha podido responder a las expectativas del país, sin embargo se debe reconocer que lleva en proceso de maduración solamente tres años, y que con la colaboración de académicos posiblemente el sistema responda de manera más ajustada a las necesidades de quienes intervienen en el proceso educativo.

En la actualidad el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) ha recibido solicitudes de más de un centenar de programas académicos, de diversas universidades del país, para ingresar al Sistema de Acreditación Nacional. Debido a la naturaleza confidencial con que se ha diseñado este proceso, no se puede saber con certeza el número preciso de programas en proceso de acreditación; pero sabemos que del total de solicitudes de acreditación, 35-40 de ellas son de programas de pregrado en ingeniería.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) ha desarrollado el programa SAAPI (Sistema de Acreditación y Asesoría para Programas de Ingeniería) para la acreditación de programas de esa disciplina, y como programa piloto se ha aplicado a tres instituciones en Colombia, con éxito. Sin embargo, por el momento no cuenta con el reconocimiento del Estado colombiano.

**3.5. Esquemas de acreditación.** Los esquemas existentes de acreditación de programas de ingeniería de varios países se enmarcan en cuatro diferentes enfoques:

- El muestreo (inventario) de recursos disponibles de un programa para garantizar una efectiva labor educativa en el ámbito superior;
- aplicar criterios institucionales para evaluar programas académicos;
- confrontar los recursos disponibles de una institución y programa contra unos valores mínimos para evaluar la calidad de la educación superior, y
- valorar los recursos disponibles de un programa y medir la efectividad educativa a través de los resultados esperados en los egresados de un programa específico.

**3.6. Carácter estatal de la acreditación en Colombia.** En Colombia, la acreditación de programas está bajo el manejo directo del Estado, sin agrupar las agremiaciones profesionales y la industria, organizaciones que pueden realizar aportes importantes al proceso. En el caso del CNA, sus miembros son académicos. Es de resaltar que la propuesta realizada por ACOFI, en lo que respecta al Consejo de Acreditación en Ingeniería (CAI), propone que el consejo sea de carácter privado, indudablemente con el aval estatal, y que convoque a la industria, las agremiaciones y la academia. En los países que cuentan con esquemas maduros de acreditación de programas, el proceso es manejado por agencias de carácter privado, con el aval del Estado.

**3.7. Síntesis.** En Colombia la acreditación de programas apenas está empezando, en consecuencia aún no se puede decir mucho sobre su efectividad. Es conveniente que en el más corto plazo, el CNA se apoye en agremiaciones privadas, y que considere la posibilidad de delegar, en otras instituciones, al menos parte del proceso de acreditación.

**3.8. Iniciativas para mejorar la calidad.** La gran mayoría de las universidades del país enuncian las siguientes acciones para aumentar la calidad de la educación: mejorar la formación académica de los profesores, establecer políticas de contratación de profesores con títulos de postgrado, mejora de la docencia a través de grupos de trabajo de profesores. Estos aspectos son fundamentales dado el déficit de profesores con formación de postgrado, y especialmente con formación doctoral.

En los países desarrollados (Comunidad Europea, Estados Unidos) las iniciativas para mejorar la calidad buscan principalmente los siguientes objetivos:

- Responder a la globalización: intensificar la formación en idiomas, facilitar las pasantías en el extranjero de profesores y estudiantes, implementar la equivalencias de diplomas.
- Aplicar métodos pedagógicos innovadores para desarrollar en los futuros ingenieros capacidades de trabajo en equipo, flexibilidad, comunicación personal, integración del conocimiento de diferentes disciplinas y métodos electrónicos de educación a distancia
- Acerca las empresas a la universidad y viceversa, para mejorar la capacidad de innovación de los sistemas y adaptar la formación a las exigencias de la sociedad.

- Favorecer la formación permanente, para responder a las necesidades de las empresas (rapidez del cambio tecnológico) y de los empleados (promoción profesional, estabilidad laboral).

En lo que respecta a la formación de tecnólogos, no se observa una actividad particular en los países desarrollados. Pero debe tenerse en cuenta que allí el problema no existe porque las formaciones de tecnólogos están ya bastante desarrolladas.

Las iniciativas para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en otros países pasan por caminos diferentes a la formación de recursos humanos:

- Financiación gubernamental de la investigación básica de ingeniería.
- Incitar a la movilidad de los investigadores.
- Tomar en cuenta otros criterios, además de los académicos, para evaluar a los investigadores.
- Reforzar dispositivos en favor del empleo científico y técnico.

Obviamente en estos países existen ya sólidos programas de formación doctoral y centros de desarrollos tecnológicos en relación con la industria. Este diagnóstico ilustra la diferencia de problemas y soluciones que existe entre países desarrollados y Colombia. En Colombia tenemos que subsanar deficiencias básicas en el sistema de formación tecnológica, pero también podemos aprovechar este período de cambio para utilizar algunas de las iniciativas que se adelantan en el exterior.

#### 4. EL PAPEL DE LOS INGENIEROS EN LA EMPRESA: RESULTADOS DE UNA ENCUESTA A EMPRESAS DESTACADAS TECNOLÓGICAMENTE

**4.1. Importante cambio técnico pero ausencia de un Sistema Nacional de Innovación.** En general, el balance que arrojan los indicadores del ambiente de innovación y desarrollo del sector productivo colombiano más destacado tecnológicamente es positivo. Debe ser muy tenido en cuenta por las universidades el hecho de que las empresas más importantes del país hacen grandes esfuerzos para actualizar su tecnología; estamos asistiendo a una importante reconversión en este sentido, que exige mucha flexibilidad curricular. Sin embargo, existen dos indicadores de dicho ambiente que invitan a reflexionar sobre las características bajo las cuales ocurre tal cambio: la ausencia de flujos nacionales de conocimientos tecnológicos y la pobreza de ingenieros con altos niveles de formación.

El papel de la capacidad científica nacional en la rápida transformación tecnológica de la producción

que se ha vivido en los últimos años, es bien marginal, particularmente de la capacidad institucional (Centros de Desarrollo Tecnológico -CDT-, universidades y las mismas unidades o programas de I+D en las empresas). Esto plantea grandes retos para una política de fortalecimiento de las capacidades del país en innovación y desarrollo tecnológico.

**4.2. Demandas cognitivas a los ingenieros.** Los conocimientos que más comúnmente se le demandan a los ingenieros tienen que ver con imposiciones desde el modelo de cambio técnico dominante: productos amigables con el medio ambiente, catalizadores o insumos nuevos que la máquina exige en su operación, nuevos materiales incorporados a los productos -biodegradables, reciclables-, caracterización e incorporación de nuevas materias primas.

Lógicamente, también se solicitan conocimientos más avanzados para controlar y operar mejor el proceso: informática, automatización y electrónica, los componentes contenidos en la nueva máquina. También gestión, organización de procesos y logística, tareas propias de los sistemas de producción cuando incorporan nueva tecnología.

Las empresas adquieren los conocimientos para incorporar, adaptar o negociar máquinas con tecnología de proceso, insumos o productos mediante capacitación de los proveedores, formación interna con los ya capacitados, asistencia a ferias, visitas a plantas con procesos y productos similares y con máquinas como las que se quieren incorporar. Es obvio, en consecuencia, que se recurre muy poco a la universidad y a los centros de desarrollo tecnológico, que no saben mucho en específico de esa máquina o ese proceso.

Los ingenieros deben entonces enfrentar distintas actividades de incorporación tecnológica, por lo cual parece conveniente una buena formación en gestión tecnológica desde los centros educativos. Resulta también claro que muchos de los conocimientos que el modelo de cambio técnico demanda podrían ser mejor cubiertos y con una respuesta más rápida del sistema de formación, con tecnólogos de muy buena calidad.

**4.3. El sector productivo insiste en la necesidad de mejorar significativamente las competencias y habilidades generales.** Las encuestas mostraron la gran importancia que otorgan las empresas a este aspecto. Agrupadas en orden a la prioridad que les asignan, surgen tres grupos:

1. Habilidades para interactuar con otros profesionales, la responsabilidad profesional y ética y el continuo aprendizaje;

2. Habilidades para innovar, investigar y desarrollar nueva tecnología.
3. Habilidades técnicas y capacidad para aplicarlas, y la educación para entender el impacto de las decisiones.

Los empresarios insisten en el desarrollo de estas habilidades y manifiestan una gran insatisfacción con la formación que frente a ellas tienen los ingenieros vinculados a las empresas. Incluso cuestionan el modelo de enseñanza-aprendizaje de las universidades para inculcar en sus estudiantes estas habilidades.

**4.4. En resumen: las actividades de los ingenieros en la empresa demandan una adecuada formación integral.** Las demandas de capacidad para gestionar los proyectos de cambio técnico y de contar con muy altas calificaciones en habilidades y competencias generales, llevan implícita la capacidad para administrar proyectos y productos. Si a ello agregamos lo esencial del ser del ingeniero -la conceptualización, el diseño y la construcción, lo menos demandado en el modelo de cambio técnico dominante, pero lo irrenunciable en la buena formación profesional-, es claro que la formación integral del ingeniero resulta a la orden del día. Además le plantea a las facultades de ingeniería el tema del equilibrio y modalidades en los planes de estudio para incorporar estas necesidades, y sobre cómo integrarlas de manera coherente como sistema y no como "cursos" sin relación y contexto (el ambiente de lo que realmente ocurre en el sector productivo y en la sociedad).

Pero debe tenerse presente, y ello incide en la forma como el sistema de organización curricular se jerarquiza por programas, que las distintas ingenierías no tienen la misma importancia dentro de las actividades de la empresa. Los resultados de las encuestas muestran claras preferencias por los ingenieros mecánicos, industriales y eléctricos para desarrollar las actividades técnico-económicas; por los industriales y de sistemas para las financiero-administrativas; y para I+D los más demandados son los químicos, mecánicos e industriales.

**4.5. Una ingeniería tradicional y sectorial.** Las ingenierías tradicionales concentran los mayores porcentajes de ingenieros vinculados al medio laboral. Los industriales, de sistemas, electrónicos, mecánicos, eléctricos, civiles y químicos (y en ese mismo orden es su peso relativo), representan el 92,4% del total de ingenieros ocupados en las empresas encuestadas. Si agregamos los administrativos y de producción, tenemos el 96% de los ingenieros de las empresas.

Por otro lado, el peso de la ingeniería es muy sectorial y con preeminencia de pocas ingenierías según sector:

- En la industria, los ingenieros mecánicos, industriales y químicos representan cerca del 60% de la ingeniería de la rama.
- En la rama terciaria los ingenieros más ocupados son los de sistemas, electrónico e industriales, que representan el 75% del empleo de ingenieros.
- En el sector de electricidad, gas, agua, petróleo y construcción, los ingenieros civiles y eléctricos representan el 54%.

**4.6. Ingenieros con poca formación de postgrado.** En el empleo es muy bajo el porcentaje de ingenieros con estudios de postgrado y muy particularmente con maestría y doctorado. Cerca del 76% de los ocupados sólo tiene nivel de pregrado; el 20% es especialista y apenas el 4% cuenta con mayores niveles de educación.

Sorprende que dichas participaciones sean aún más bajas en construcción; electricidad, gas, agua y petróleo; minerales no metálicos; metales básicos y metalmeccánica. Sectores donde la ingeniería es bien importante en el empleo y donde la competitividad es crucial por lo que significan en nuestra economía. Por el contrario, en el sector de comercio, transporte y comunicaciones el número de especialistas es igual al de profesionales, y la participación de quienes tienen maestría o doctorado más que duplica el promedio general.

¿Cuáles son los ingenieros que relativamente parecen preocuparse más por la formación de postgrado? Un indicador al respecto lo obtenemos al comparar la distribución del empleo de ingenieros con sólo título de pregrado y la de quienes tienen alguna formación de postgrado.

Las distribuciones son más o menos similares para los ingenieros industriales, de sistemas y de producción: no estudian relativamente ni más ni menos que la forma como se sitúan en el empleo de ingenieros con pregrado. En cambio, llama la atención la baja participación de los ingenieros civiles, eléctricos y electrónicos con postgrado, siendo mucho menor su importancia que su participación en los ocupados con pregrado. Parecería que a más especialización de la formación de pregrado menos demanda por estudios de postgrado.

**4.7. La empresa con capital extranjero no parece tan atractiva como ambiente de innovación.** En las encuestas, algunos indicadores llaman la atención en las respuestas de las empresas con

capital externo: prefieren más que las nacionales la capacitación con personal contratado, externo a la empresa; las proporciones de ingenieros con títulos de especialización, maestría y doctorado son menores, lo mismo que la proporción de las que tienen unidades de I+D. Así mismo existen mayores diferencias salariales entre los tipos de ingenieros que en el conjunto de las empresas consideradas en el estudio.

En cuanto a las calificaciones en habilidades y capacidades que poseen los ingenieros vinculados en este grupo de empresas, se encuentra una diferencia con relación al conjunto: le otorgan unas mejores calificaciones. Y muestran mayor satisfacción con las habilidades para aplicar conocimientos apropiados de matemática, ciencias e ingeniería. Se conoce que los sistemas de selección de personal en estas empresas son más exigentes.

Una reserva: los resultados de las encuestas nos llevan a concluir que las empresas de nuestro medio que tienen participación de capital externo son grandes transferidoras de conocimientos y habilidades y demandantes de trabajo más calificado. La I+D tiende a ser muy reservada para los países de origen de ese capital.

## 5. RECOMENDACIONES GENERALES

**5.1. Necesidad de un buen sistema de información de calidades institucionales y programas y de condiciones laborales.** El mercado educativo está sometido a graves fallas de información, por las cuales funciona mal o se ajusta muy lentamente a las exigencias del medio laboral. Los aspirantes y sus familias toman sus decisiones de demanda educativa prácticamente a ciegas; por su parte las instituciones toman sus decisiones de oferta también de manera sesgada en cuanto a las grandes tendencias de la demanda social por programas y en cuanto al contenido de cada uno. Las instituciones públicas lo hacen basadas en la tradición y en las sugerencias de los docentes; las privadas pueden basarse en el comportamiento de los aspirantes, pero pueden tratar también de manipularlos orientándolos hacia las carreras de más fácil montaje y de mayor rentabilidad de oferta.

Las fallas de mercado que esta situación provoca se amplifican por la duración de las carreras universitarias: desde el momento en que el medio detecta la necesidad de un cierto tipo de ingeniero hasta que puede disponer de él, fácilmente pueden transcurrir cinco años. Igualmente, si en algún momento el mercado se satura de un tipo de ingeniero o necesita cambiar su orientación, cuando el medio empieza

a enviar mensajes negativos, habrá diez semestres acumulados de ingenieros que difícilmente se reorientarán a otras carreras. Por eso se producen en el mercado laboral excesos de oferta y déficits de demanda duraderos que se corrigen sólo con el paso del tiempo.

La primera alternativa para solucionar las fallas de información es la planificación central compulsiva o indicativa, pero esta planificación suele fallar pues requiere, justamente, la misma información de que carece el mercado. De hecho, los modelos de planificación y previsión de recursos humanos han sido un fracaso en casi todas partes, en razón directa de su grado de desagregación. En Colombia éste ha sido el caso del "Modelo de planeación de recursos humanos Sena-Holanda", cuyos defectos (su excesiva pesantez, su desfase con la realidad y su escasa utilización) fue señalada por la Misión de Modernización que examinó esa entidad en el pasado. Por eso, frente a la opción de orientar centralmente las carreras que se deben promover y las que deben desalentarse, la alternativa es implementar un sistema de información oportuno y transparente sobre la calidad relativa de las diversas instituciones y programas y sobre las tendencias cambiantes del mercado laboral, que pueda guiar la demanda de los aspirantes y, por tanto, la oferta de las instituciones de educación superior. Ese sistema sería un complemento indispensable al crédito estudiantil.

En materia de orientación del sistema por tipos de carreras, casi todos los países han confiado en el mercado: son los estudiantes -con base en las señales del mercado laboral- quienes deben decidir las carreras de sus preferencias. Pero al mercado se le puede ayudar con un buen sistema de información: en Estados Unidos la información sobre la calidad comparativa de las diversas universidades y programas es tan corriente que hasta la prensa la puede publicar; para ejemplo, la guía periódica America's best graduate schools que publica el U.S. News sobre las universidades americanas.

Así las cosas, la primera recomendación es desarrollar un sistema de información que permita enviar el mensaje lo más pronto posible a las instituciones y a los estudiantes. Este sistema debe permitir:

- A las instituciones: identificar los programas que se están saturando o se están volviendo de poco interés para las empresas; aquellos en que hacen falta estudiantes; las tendencias regionales; los programas de poco interés para los estudiantes. También les permitirá prever necesidades futuras e identificar la aceptación

del medio por los egresados de un cierto programa, lo cual se constituye en un juicio de su orientación y calidad. En suma, les permitiría evaluar con anterioridad la necesidad de crear o reorientar programas y prever la disminución o el aumento de la demanda en algunas carreras.

- A los estudiantes: identificar las carreras con mejores oportunidades laborales (presentes y futuras); las carreras en proceso de saturación; tomar riesgos calculados con carreras de poca demanda; evaluar la aceptación de programas similares de diferentes instituciones y orientar su preparación dentro de una carrera
- A los organismos de planeación (estatales o privados): descubrir crisis, desequilibrios peligrosos entre diferentes áreas o carreras, adecuación de la orientación de los programas, concordancia con las políticas nacionales, etc.; es decir, identificar carreras que necesitan impulso (o cuyo desarrollo debe ser desincentivado) y tendencias en las empresas. No se trata de una foto estática de la situación en un momento dado, sino que se evidencie la evolución, tendencias y diferencias regionales. Igualmente, debe permitir el análisis en diferentes agrupaciones: toda un área, los programas de una universidad, un programa sobre todas las universidades, etc.

**5.2. Información sobre calidades comparativas de los programas.** Como la acreditación no es un sistema calificadorio de los programas ni de las instituciones (su propósito es garantizar que las instituciones cumplan con su misión y sus objetivos y que se comprometan con procesos de mejoramiento continuo), hay que establecer sistemas expeditos de información sobre calidades de los programas. Uno de ellos, que puede ser ensayado experimentalmente en el área de ingeniería, es contratar con firmas externas el diseño rápido de puntajes para los diversos programas que existen en el país. Paralelamente hay que complementar el anterior sistema con uno especializado de intermediación e información laboral para profesionales.

Los egresados del sistema postsecundario (incluidos por supuesto los del área de la ingeniería) requieren un sistema especializado de intermediación e información laboral, y ello por tres razones:

1. Porque un buen sistema de intermediación laboral permite combatir el desempleo friccional y aumentar la productividad laboral; es decir, permite reducir el tiempo de búsqueda y, por

esa vía, la tasa de desempleo de los egresados. Permite, además, aumentar tanto los salarios obtenidos por los ocupados como la productividad de los mismos en las empresas. El desempleo de los egresados del sistema postsecundario es en gran parte friccional y transitario: las tasas de desempleo de los recién egresados son relativamente elevadas, pero caen con el tiempo para las promociones más antiguas. Si el sistema de intermediación laboral aumentara su eficiencia, el tiempo de búsqueda de los recién egresados podría disminuir y con él su tasa de desempleo. El salario de reserva (al que se ofrecen los desempleados) tiende a disminuir con el tiempo de búsqueda. La variación porcentual del salario de reserva al tiempo de búsqueda tiene un valor del -0,003. Siempre que el tiempo de búsqueda aumenta una semana el salario de reserva cae 0,3%. Si un profesional egresado comienza buscando trabajo por el 83.8% de lo que devenga, en promedio, un profesional ocupado, al cabo de 6 meses estará pidiendo el 77.8%; al cabo de un año el 71.9% y al cabo de 2 años el 61.5%. A medida que se alarga la búsqueda debe contentarse, no sólo con menores salarios, sino también con aceptar empleos que, tanto para él como desde el punto de vista social, son inapropiados.

2. Porque, además de conectar de manera eficiente aspirantes, desempleados y empleadores, un buen sistema podría captar información sobre los desajustes estructurales en el mercado de calificaciones y darla a conocer al público.
3. Porque los canales existentes no son apropiados. El principal canal de colocación son las recomendaciones personales de familiares y amigos, pero tiene dos inconvenientes: aunque asegura una alta tasa de colocación, los salarios que permite obtener no son los mejores ni tampoco es óptima la relación entre el cargo y la formación recibida. Por otro lado, el acceso al sistema depende de la posición social de cada egresado y discrimina contra los provenientes de clases populares. Paralelamente, las instituciones educativas no han podido conformar aún, con algunas excepciones, sistemas adecuados; las asociaciones profesionales carecen de importancia en esta materia y los egresados rehuyen el Sena por su sesgo hacia oficios de menor calificación.

## 6. RECOMENDACIONES SOBRE LA FORMACIÓN EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA

**6.1. Orientación de la formación universitaria.** La universidad debe preparar para los diferentes perfiles y tipos de trabajo que el medio requiere. Como se mencionó anteriormente, el crecimiento del número de programas se explica en parte por la excesiva profesionalización de los currículos. Si a esto adicionamos la variedad de perfiles profesionales, la diversificación de los empleos para ingenieros, la importancia del trabajo interdisciplinario, la trascendencia que se le otorga al desarrollo de capacidades, llegamos a la conclusión de que se debe favorecer una formación de ingeniería más básica, más general e interdisciplinaria, más flexible, dejando la especialización para los postgrados.

A estas afirmaciones se suele argüir que eso es válido en otros países más desarrollados, no en Colombia donde no existe una buena "red" de postgrados. Sin embargo, en la actualidad no se puede afirmar esto con tanta contundencia, pues ya existe un considerable número de postgrados, y algunos de ellos no tienen el grado de ocupación que pueden soportar; adicionalmente, más instituciones están pensando en abrir programas de maestría. Por último, planteando el problema al contrario, sería una forma de impulsar el desarrollo de la red de postgrados al tener un mayor público interesado.

**6.2. La creación de un título de pregrado no debería ser una tarea fácil.** Antes de abrir otro pregrado debería exigírselo a la institución que justifique por qué o para qué es necesario o estratégico para el futuro, y la comunidad universitaria y profesional debería participar en este tipo de decisiones. Con esto se tendería a favorecer que los títulos actuales cubran más perfiles, y no que exista un título por posible perfil profesional. Ahora bien, esto no quiere decir que los currículos deben cubrir todos los perfiles, sino que deben ser flexibles para permitir varias posibilidades de formación en una sola carrera.

Las asociaciones profesionales deberían impulsar y favorecer formaciones más básicas, y, también, generar la conciencia, en los profesionales en general y en los empleadores en particular, de que los postgrados son una exigencia natural, especialmente para labores de ingeniería avanzada.

Se debe tener presente que al aumentar la cantidad de estudiantes que quieren realizar una maestría se facilitará la creación de nuevos programas de postgrado. De todas maneras, la maestría es necesaria

para el desarrollo de la investigación y para el adecuado soporte de las relaciones con la industria.

**6.3. Los procesos de acreditación deberían reconocer y favorecer la flexibilidad de los programas, respetando las particularidades de las instituciones y de los programas.** En concreto, se deben favorecer currículos:

- Con una sólida formación básica. Una comprensión de los aspectos fundamentales de la ciencia y la ingeniería que le permitan al estudiante evolucionar y asimilar nuevos conocimientos; que entrenen su capacidad de análisis y le proporcionen herramientas teóricas poderosas.
- Flexibles en su orientación profesional. Que permitan generar diversos perfiles profesionales, que sean fácilmente adaptables a los cambios tecnológicos, a la sintonía con el medio. Este es uno de los puntos donde se puede aprovechar para realizar contactos con el sector productivo: electivas dictadas por profesionales del medio.
- Flexibles en la formación complementaria (sociohumanística y técnica). Para favorecer una formación integral e interdisciplinaria, una conciencia de su papel en la sociedad y su responsabilidad para con ella, un conocimiento de su medio. Esto es especialmente importante en un país en crisis como el nuestro, que necesita ciudadanos socialmente responsables. Los currículos también deben abrir la posibilidad de dirigir la actividad profesional a otros dominios menos tradicionales. En el aspecto técnico también se debe incluir un dominio de la informática y la automatización, así como aspectos administrativos y de gestión.
- Con un fuerte componente formativo (en contraposición con informativo). Este punto incluye incorporar el desarrollo de las competencias que la industria requiere. En la encuesta realizada a las empresas se mencionaron las siguientes: habilidades de expresión, matemáticas aplicadas a problemas concretos, capacidad de pensar, capacidad de emplear recursos en función de los objetivos buscados, capacidad de trabajo en grupo, liderazgo, capacidad de identificar, evaluar y procesar información, creatividad. Por supuesto, esto requiere de aproximaciones metodológicas novedosas, que favorezcan dichas actitudes en el estudiante y entrenen sus habilidades en esa dirección.

- Que generen conciencia ambiental, social, ética, incorporada como parte integral del currículo y no como cursos aislados. Que exista una verdadera asimilación de estos temas al desempeño profesional.
- Con integración de conocimiento y habilidades para evitar los "compartimentos estancos"; que el estudiante tenga la oportunidad de integrar conocimientos de diferentes áreas y ligarlos con la práctica de las habilidades adquiridas.
- Descongestionados, currículos que se centren en lo fundamental, en contraste con currículos enciclopédicos. Que permitan una adecuada asimilación del conocimiento.

Por supuesto, lo anterior requiere planear el currículo como un todo, e incluye que se definan con anterioridad los objetivos globales de formación del currículo (contenidos, habilidades, valores, actitudes), los medios para lograrlos (las metodologías y materiales), así como los mecanismos de evaluación.

**6.4. Interacción con las empresas.** La relación con las empresas no se puede reducir a poner en contacto al estudiante con el medio; los profesores y la institución deben estar activamente involucrados. En efecto, las transferencias de la universidad hacia la empresa no consisten sólo en enviar estudiantes de pregrado una vez que se gradúan, sino que hay otros tipos de relaciones que son fundamentales para actividades de innovación.

Por ejemplo, teniendo en cuenta el desarrollo de los programas de maestría y la creación de programas doctorales, es necesario pensar en abrirle campo a los egresados de dichos programas. No todos pueden estar encaminados a la academia; una forma de innovar en las empresas es transferirle personas capacitadas en investigación o en la creación de nuevas firmas con características novedosas.

Es de anotar que ésta fue una de las conclusiones principales del reporte Guillaume (Francia), y uno de los aspectos que se recomienda desarrollar. En resumen, se propone incentivar y facilitar la movilidad entre centros de investigación, universidades y entre éstos y la industria. Además, así como el contacto con la empresa puede orientar a un estudiante sobre su futuro profesional, igualmente puede orientar a una universidad en su labor formadora. El contacto orgánico con la empresa le permite a la universidad identificar rápidamente tendencias e inconvenientes, la orientación deseada por las empresas, etc.; igualmente es una oportunidad para llegar a acuerdos con

las empresas sobre hasta dónde debe llegar la universidad y dónde debe empezar la formación en la empresa.

Al respecto, nuestra recomendación es promover la interacción con el sector productivo en varios niveles:

- Interacción con las juntas asesoras. Se trata de juntas compuestas por personas de las empresas que se reúnen regularmente con representantes de las universidades para intercambiar impresiones, para prestar consejo y dar realimentación a la universidad.
- Interacción más profunda en actividades como: pasantías mutuas, proyectos conjuntos, asesorías, etc. Sin embargo, es difícil que éstas se den sin un contexto que las propicie. Las universidades deberían disponer, como mínimo, de oficinas encargadas de establecer y mantener relaciones con las empresas; pero más allá de eso, deberían instalar centros que sirvan como punto de encuentro con las empresas; pueden ser propios o utilizar centros tecnológicos en los cuales las universidades participen activamente y como actores centrales.

En las universidades se debe crear conciencia sobre la importancia de dichas actividades, para lo cual el primer paso es su reconocimiento institucional, como parte de la carga de los profesores, con incentivos económicos, como actividades válidas e importantes en el escalafón, etc. En todo caso, no deben quedar como actividades marginales, individuales y de poco interés para la academia. Se debe entender su importancia y apreciarlas en su verdadera dimensión, no se pueden constituir en simples medios para generar ingresos extras para la institución o como una especie de "servicio militar" de los profesores para garantizar la viabilidad económica de la institución.

De la misma manera se debe favorecer y dar reconocimiento a la generación de patentes, en particular, debe haber claridad en las reglas sobre los resultados de los proyectos e investigaciones. Al respecto resulta importante modificar los términos contractuales entre los profesores y las universidades para facilitar y promover la interacción del profesor con el sector externo. El contrato debe contemplar la posibilidad de que el profesor trabaje como consultor externo o asesor/investigador para la industria, además debe garantizar que disponga del tiempo para hacerlo. El manejo de los negocios asociados a esta actividad será

concertado entre la universidad y el profesor con un reglamento claro que cubra aspectos de responsabilidades legales y propiedad intelectual. En resumen, es importante permitir que aquellos profesores con habilidad para esta actividad puedan desenvolverse; en principio se recomienda un quinto de tiempo apropiado para esta actividad, y que ella sea reconocida académicamente.

- Interacción en centros que permitan una relación cercana entre universidades y empresas. Se trata de intercambios a la manera de pasantías mutuas. En este tipo de relación es un excelente medio de transferir a las empresas personas muy capacitadas y formadas en investigación. Adicionalmente, este trabajo en los centros universitarios o en CDT, muy cercano a las empresas, podría motivar a los investigadores a crear nuevas firmas.

- Interrelaciones entre las universidades mismas. De manera similar a las relaciones con empresas, se debe impulsar el intercambio de profesores entre universidades y la generación de programas, investigaciones y proyectos conjuntos. En particular, facilitar alianzas o confederaciones de centros, lo cual permitiría reunir diversas competencias en caso de que proyectos específicos así lo requieran; los avances interesantes suelen ser interdisciplinarios. Los centros pueden tender a especializarse, lo cual no está mal, pero debe existir la posibilidad de reunir competencias.

Este tipo de actividades se podría incentivar, inicialmente, por medio de líneas de financiación específicas para este tipo de actividades, o con algunas ya existentes pero dándole prioridad a estas actividades. Por supuesto, la eventual renovación de la financiación debe ser contra resultados concretos.

Es claro que todas estas actividades requieren, previamente, desarrollar la capacidad de investigación, para lo cual es condición indispensable fortalecer los programas de postgrado (maestría y doctorado), o, en su defecto, trabajar en cooperación con instituciones que los tengan. Conviene que buena parte de los trabajos realizados en doctorado sean de investigación aplicada, orientadas a mejorar la productividad del sector empresarial (v.g. reducción de costos por acción tecnológica, desarrollo de nuevos productos). Para que esto se pueda lograr es fundamental que los trabajos estén financiados por empresas del sector externo en mayor grado y por el Estado en

menor grado. La financiación estatal debe estar dirigida al estudiante y a la investigación básica de ingeniería.

- Sistema de información de oportunidades para las relaciones sector productivo/universidad. Como las universidades no tienen experiencia en relaciones con el sector productivo y se sienten inseguras sobre su papel y posibles beneficios, para empezar es necesario difundir entre todas ellas los esquemas y condiciones adecuados para que los estudiantes puedan participar en las relaciones de prácticas empresariales durante el pregrado y en las de tipo programa universidad empresa en el postgrado. Se esperaría que, con el tiempo, de estos contactos se deriven actividades más sustanciales. Se debe tener en cuenta que las universidades y las empresas tienen que aprender a interactuar, lo cual solo se puede lograr gradualmente.

**6.5. Innovación curricular.** La innovación curricular se hace con algún objetivo, no per se. Hay diferentes motivos para intentarla: mejorar el aprendizaje (calidad), optimizarlo (eficiencia en uso de recursos, tiempo o dinero), y lograr objetivos de formación que sean difíciles de alcanzar por metodologías tradicionales.

Aunque todos los objetivos tienen su importancia, en el contexto de la innovación el último es de especial interés. En efecto, es notoria la demanda que los empleadores hacen a sus ingenieros por habilidades que no están estrictamente relacionadas con lo profesional. El tipo de habilidades y actitudes consideradas deseables requieren de metodologías alternativas. Es claro que se necesita más que cursos aislados: se debe recurrir a sistemas que entrenen y desarrollen las características buscadas.

Por otro lado, aunque las universidades se interesan en este tipo de actividades, hay inconvenientes que dificultan su realización. Por un lado está la tradición y la inercia a ella asociada: los profesores están acostumbrados a enseñar de una manera y es difícil acostumbrarlos a otras alternativas. Esto se ve agravado por la falta de preparación de los profesores universitarios en asuntos pedagógicos; no saben claramente cómo proceder.

Así mismo, esta actividad no tiene mucho reconocimiento, o, al menos, no tanto como otras, quizás porque es menos notoria, de resultados a largo plazo y difíciles de medir y evaluar. Si a esto adicionamos sus costos y la dificultad para montarlas, es notorio que la motivación para realizarlas es esencialmente

intrínseca al profesor. Las instituciones deben reconocer la importancia de la innovación curricular y otorgar un claro reconocimiento a su realización.

Hay dos puntos fundamentales para fortalecer las innovaciones curriculares: formar y actualizar a los profesores en pedagogía y metodologías docentes y establecer programas nacionales para la innovación curricular. El primero busca generar una actitud en los profesores y proveerlos de herramientas. El segundo es la forma de generar actividad notoria en el tema y ha sido prioridad en otros países como Estados Unidos y Brasil.

La idea es financiar programas nacionales para la innovación curricular; no se trata de hacer investigación teórica, sino de realizar actividades prácticas de docencia, sea para aplicar metodologías novedosas, sea para impulsar materiales o cursos con orientaciones especiales.

Con el fin de que estas actividades tengan impacto, no deben ser puntuales, es decir, deben ser permanentes y no experimentos aislados; deben aplicarse extensivamente a un currículo (o a conjuntos de cursos de una institución) y responder a las necesidades de varias instituciones interesadas y participantes en el programa.

El reconocimiento a estas actividades debe aumentar, tanto dentro de las instituciones (actividades consideradas importantes en la evaluación de los profesores), como fuera de ellas (procesos de acreditación).

**6.6. Actualización de profesionales.** En las secciones anteriores se ha tratado el tema de la formación de estudiantes. Si bien es clara la importancia de este aspecto, también lo es la actualización a lo largo de la vida profesional de un ingeniero. La innovación, por su naturaleza, requiere que el profesional se mantenga actualizado, en particular si recordamos que los encargados de la innovación son los ingenieros que están en cargos directivos. Del recién graduado se espera un desempeño más operativo; del ingeniero directivo se espera que visualice las potencialidades de la innovación y que dirija los procesos de modernización.

Aunque la necesidad de la actualización continua es ampliamente aceptada, el problema que se presenta es cómo garantizar que efectivamente se dé. En un foro organizado en Estados Unidos por la IEEE (Industry 2000), se decía a este respecto:

Participants responded in unison with the message that life-long learning for

engineers, both in technical and non-technical areas, is essential to maintaining competitiveness and vital engineering careers. However, they spoke about total quality driving companies to do more with less, and the lack of support for education in lean, flat, team-oriented organizations. Others focused on the time and expense required for updating knowledge. They identified the five leading barriers to technical vitality as availability of time, lack of motivation, inability to justify a return on investment, lack of resources (cost), and lack of a plan.

Con el fin de resolver los problemas antes planteados, es necesario brindarle al profesional oportunidades para que se actualice, pero también exigirle que lo haga. Las universidades tienen el deber de ofrecer especializaciones, cursos y programas de educación continuada. Este ofrecimiento debe ser más flexible que el de los programas formales, pues el tipo de público y sus necesidades son distintos. En particular es muy importante la opinión y las necesidades de los profesionales y de sus empleadores, toda vez que se trata de personas formadas que pueden determinar lo que les hace falta. Esto no excluye que la universidad pueda colaborar en la planeación de la educación continuada, por ejemplo, ofreciendo paquetes de cursos o algún otro tipo de estructuración o guías.

Una variante interesante es la de acuerdos entre empresas y universidades, lo cual permite que la empresa se involucre en la formación y resuelve así, al menos en parte, el problema del tiempo y el costo del programa. También facilita la orientación del programa puesto que la empresa puede plantear sus necesidades y lo que está esperando de sus empleados, colaborando así en la planeación; además, aumenta el compromiso tanto de los empleados como de la empresa. Finalmente, una forma de impulsar la formación continua de los ingenieros puede ser creando condiciones para obtener y mantener el derecho al ejercicio profesional, mediante exámenes o certificando la actividad de formación (cursos de actualización tomados).

**6.7. Formación de los profesores.** La evidente deficiencia en la formación de los profesores, sentida por las mismas universidades, requiere de un programa de incentivos para mejorar el nivel educativo del cuerpo profesional, para que las instituciones cuenten con más profesores con estudios de maestría y doctorado. En todo centro de formación de ingenieros se

debe asegurar una planta de profesores con título de doctorado y activos en investigación y desarrollo. Es necesario insistir sobre el hecho de que la investigación es parte fundamental del proceso de aprendizaje de un estudiante de ingeniería, lo cual será de difícil realización sin profesores investigadores. Inclusive los institutos de formación de tecnólogos deberían tener profesores universitarios con postgrado -tanto maestría como doctorado- para colaborar en su formación. Este modelo funciona bien en Francia, por ejemplo (IUT-universidad).

Por otro lado, el fortalecimiento o creación de programas doctorales, asociados a laboratorios consolidados, debería asegurar las necesidades de formación de profesores del país. Estos programas doctorales deberían existir en las grandes ciudades universitarias. Las universidades en capacidad de sostenerlos colaborarían entre ellas con el fin de constituir un potencial significativo sobre temáticas estratégicas. Estos programas doctorales deben apoyarse sobre laboratorios de investigación compartidos entre varias universidades, con el fin de obtener una masa crítica en el número de investigadores y de doctores. Para que esta investigación sea competente en el exterior se debe hacer en colaboración con las universidades de reconocido prestigio internacional.

Teniendo en cuenta los desequilibrios existentes entre las universidades colombianas, se debe realizar un esfuerzo en la preparación de los profesores de las universidades de provincia, por medio de formación de postgrado. Esto se lograría mediante la realización de maestrías a distancia, en las cuales los profesores de provincia realizan sus proyectos en su sitio de trabajo.

**6.8. Acreditación.** En las actuales circunstancias, la reciente política de acreditación de las instituciones de educación superior en el país implica que este proceso tardará años para que la sociedad colombiana recobre su confianza en el sistema educativo superior, y le sea evidente que las instituciones que ofrecen programas educativos están sometidas a procesos continuos de mejoramiento de calidad. Cualquier esfuerzo en esta dirección tardará por lo menos entre seis y diez años para alcanzar un sistema confiable. Si esperamos que la mitad de los programas de ingeniería (más o menos 200) estén acreditados en los próximos seis años, es preciso movilizar amplios recursos humanos y financieros. Para lograr dicha meta se deben realizar acreditaciones de programas al ritmo de un programa por semana, se deben entrenar por lo menos 300 académicos entre pares y directores de visita y se deben movilizar recursos financieros no inferiores a los 500 millones de

pesos anuales. Es probable que esta meta sea inalcanzable, a menos que exista la voluntad política y el trabajo arduo de académicos, agremiaciones e industiales interesados en dicho fin. Sobra indicar que la oferta de programas de pregrado en educación superior diferentes a la ingeniería puede ser de magnitud mayor, lo cual agrava la situación actual.

Se sugiere entonces que los esquemas de acreditación como el del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y la propuesta de la Asociación de Facultades de Ingeniería (ACOFI) con su proyecto SAAPI (Sistema de Acreditación y Asesoría para Programas de Ingeniería) unan esfuerzos y avalen mutuamente sus acciones para acreditar programas de ingeniería, a través del Consejo de Acreditación de Ingeniería propuesto por ACOFI.

Dado el carácter voluntario del proceso de acreditación, la falta de autorregulación y la ausencia de mecanismos de control estatal crean la necesidad de generar incentivos para su desarrollo. Se debe buscar que la acreditación de programas tenga beneficios de orden financiero, de acceso a becas para sus profesores, acceso a recursos de inversión, etc., para que motive a las instituciones de educación superior a embarcarse en programas de mejoramiento sistemático de la calidad educativa.

Como la acreditación avala la institución mas no sus resultados, se sugiere complementar el proceso de acreditación -a un mediano plazo- con la calificación de los graduados, acción que debe ser concertada con las agremiaciones y consejos profesionales para calificar a los individuos mediante diversos mecanismos, como la presentación voluntaria de exámenes profesionales, atención a cursos de educación continuada como mecanismos de actualización profesional, etc. En últimas, las agremiaciones deben garantizar a la sociedad que el profesional de ingeniería está capacitado para realizar labores propias de su profesión, dentro del marco de responsabilidad ética y profesional para salvaguardar los intereses propios de la sociedad. Una acción en este sentido servirá como protección al ingeniero colombiano para la práctica de su profesión dentro de acuerdos económicos internacionales y de competitividad global.

Por último, los programas de postgrado también deberían ser acreditados. La Ley 30, que regula la educación en Colombia desde 1992, ha facilitado el acentuado incremento en programas de especialización, maestría y, más recientemente, la oferta de programas de doctorado. Por ello y en paralelo con la maduración del actual sistema de acreditación, se deben empezar a desarrollar mecanismos de acreditación para los programas de postgrado.

## 7. FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN

Pensando en la necesidad de crear un sistema nacional de innovación -que consideramos debe ser la apuesta de fondo para la universidad y la empresa en un futuro cercano-, a continuación se recogen algunas propuestas antes mencionadas y se presentan nuevos horizontes de trabajo.

**7.1. Decisiones y acciones de corto plazo.** El país ha invertido una cantidad considerable de recursos, y lo seguirá haciendo por muchos años, en el modelo de cambio técnico que hemos comentado. Que dichas inversiones no den los mayores beneficios sería crítico para todos. Una actitud responsable es contribuir al éxito del sector productivo en este proceso. En el corto plazo, la universidad y particularmente las facultades de ingeniería podrían acompañar las demandas que surgen de las encuestadas, mejorando sus modelos de formación para contribuir a formar a sus estudiantes en capacidades y habilidades que solicitan las empresas, y así obtener un papel que genere mayor confianza del medio productivo. Los modelos de formación se pueden mejorar en tres sentidos:

1. Otorgar mayor importancia al desarrollo de las habilidades y competencias que más demandan las empresas y que encuentran deficientes en el ingeniero colombiano,
2. Intensificar la enseñanza en algunos conocimientos con demanda muy inmediata, que si bien pueden resultar obsoletos para el egresado en el corto plazo, son muy significativos para los sectores productivos, especialmente para aquellos que señalaron en la encuesta una deficiente actualización tecnológica.
3. Aumentar las ofertas de capacitación sobre medidas (customized), sobre todo en especializaciones, concertadas con empresas o sectores específicos.

Todo esto cuestiona el modelo tradicional de formación. Lo que se reclama no puede atenderse con un modelo centrado en el aula de clase, con un profesor que es el actor principal del proceso de aprendizaje y sin relaciones fuertes de los estudiantes con experiencias tempranas de uso social del conocimiento, en donde las características socioculturales del medio le exigen a la universidad ser realmente innovadora en la formación. Otro problema del modelo actual es que los estudiantes adelantan su proceso de formación de manera individual, cuando desde que entran a la vida profesional el modelo tecnológico y

organizacional les obliga a trabajar en equipos interdisciplinarios. La ingeniería concurrente es ya prácticamente la forma característica de desarrollo de la producción.

Los resultados de las encuestas indican una alta demanda empresarial por el refuerzo de algunos conocimientos muy específicos, transversales en algunos casos y sectoriales en otros, en la formación de los ingenieros. Lo que sucede en nuestro medio es que a partir de esas necesidades puntuales se crean carreras completas de ingeniería -con una duración de cinco años-, que al poco tiempo se tornan obsoletas para la empresa y su demanda decrece, con lo que el problema se agrava. Una posible solución es que las universidades de calidad demuestren flexibilidad desde la institución -y no al arbitrio de cada profesor- y la apliquen a las ingenierías de base (las más tradicionales). La flexibilidad permite un cuerpo fuerte de electivas -que podrían compartirse entre instituciones de una misma ciudad- así como cambios periódicos de las mismas y de los contenidos. Las electivas deben ser dirigidas por profesores que trabajan en las empresas o con las empresas.

Un mecanismo fuerte de electivas como el propuesto contribuiría no sólo a desestimular ofertas demasiado puntuales de ingeniería de pregrado, sino también la proliferación de especializaciones como solución remedial a la incompetencia profesional del pregrado. Socialmente, carece de sentido que en un país donde el primer título de ingeniero se otorga a los cinco años, aún sea necesario una especialización para entrar o para permanecer en los mercados laborales de mayor prestigio. A no ser que convirtamos la especialización en el quinto año y aceptemos el primer título a los cuatro, cosa bien improbable en el país.

Sin embargo, es evidente que de manera inmediata y para los ingenieros ya vinculados a las empresas, la especialización es muy necesaria y en definitiva es lo que más se promueve. En la oferta de esta modalidad las universidades de menor tradición muestran un gran interés; las tradicionales no han valorado la importancia de este camino -aunque limitado- para establecer interacciones creativas hacia la construcción del Sistema Nacional de Innovación. En esta perspectiva, las especializaciones debían ser sobre medida, ajustadas a las necesidades empresariales para suplir la inadecuación al mercado.

Un ejemplo positivo en este sentido, y como proyecto compartido entre una universidad y una empresa, ambas de amplia confianza social, es la Especialización en Gestión Ambiental realizada conjuntamente entre ISA y la Universidad Nacional de Colombia

Sede Medellín. Este programa le ha abierto a esta universidad la posibilidad de construir gradualmente una alianza de largo plazo para actividades de mayor impacto alrededor de la asesoría y la investigación.

En las condiciones de nuestra cultura corporativa empresarial, la entrada al Sistema de Innovación vía el financiamiento de las empresas a líneas de investigación de largo plazo en las universidades, constituyen la alternativa menos viable y realista.

**7.2. La apuesta de fondo: construir el Sistema Nacional de Innovación.** La apuesta estructural de la universidad colombiana a través de sus facultades de ingeniería -y en cuyo contexto es necesario valorar lo propuesto como una fase necesaria- debe ser su compromiso con la construcción del Sistema Nacional de Innovación, y en ese contexto, ubicar la formación futura de ingenieros. Obviamente, el alcance de su compromiso debe estar en relación directa con lo que se entiende por ingeniero.

Nuestra propuesta es que la participación estratégica de la universidad en el Sistema Nacional de Innovación debe tener un gran fin: aumentar la capacidades de las facultades y de los estudiantes de ingeniería de ser creativos. A continuación esbozamos unas propuestas realistas y viables que contribuirían a este propósito:

1. Una educación en ingeniería que recupere el rol del ingeniero como un profesional de muy alta productividad.
2. Una relación nueva entre la universidad y los Centros de Desarrollo Tecnológico.
3. Una revalorización del fomento a la investigación científico-tecnológica.
4. Un papel creciente de las maestrías y los doctorados, con énfasis tecnológico, como mecanismos dinámicos para incrementar la investigación en el sector productivo y para mejorar la formación en ingeniería para la innovación y el desarrollo tecnológico.
5. Un estímulo a la formación tecnológica, que no sólo permite formar mejor y de manera más exigente a los ingenieros, sino que abre grandes posibilidades a amplios sectores sociales y fortalece al mismo tiempo la capacidad tecnológica nacional.

**7.3. Una nueva formación en ingeniería.** Todo indica que el gran problema para tener un ingeniero de alta capacidad técnica y social, está en el modelo pedagógico, que ha olvidado partir de la pregunta más elemental para estructurar los programas y los medios necesarios de enseñanza-aprendizaje: ¿qué

es un ingeniero? En un reciente encuentro de destacados profesionales de la ingeniería reunidos en Quiráma, Antioquia (el tema fue Ingeniería, Investigación y Sociedad), el profesor Rafael Bras, de MIT, propuso:

Mi definición de ingeniería es la conceptualización, diseño, construcción, y administración de proyectos y productos. La naturaleza de estos proyectos y productos es muy variable, desde edificios hasta códigos de computadoras; desde procesos de manufactura hasta control de tráfico aéreo y comunicaciones. Dentro de este gran campo de acción, lo único común es que el ingeniero resuelve problemas o provee soluciones que requieren imaginación, creatividad y síntesis de conocimientos. El ingeniero tiene que crear, no sólo comprender.

Afirmó además que la situación actual de los estudiantes de ingeniería, es que han perdido creatividad; no crean soluciones con eficiencia y estética. En gran medida esta situación se deriva del desequilibrio existente entre arte y ciencia, y la ingeniería tendría mucho de lo primero, que se ha ido hacia la segunda. Prioritario en consecuencia, señala, es reinventar el concepto de studio, común en la arquitectura, donde el estudiante está obligado a usar su imaginación y a crear productos y soluciones. Tarea pedagógica decisiva para las facultades de ingeniería.

**7.4. Una dimensión más pertinente para los Centros de Desarrollo Tecnológico.** En los últimos tres años, el país, y especialmente Colciencias, ha invertido importantes recursos en los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT), bajo el modelo de virtualidad, es decir sin apoyo para inversiones en maquinaria, equipos, sedes, etc. Se define la función de los centros como búsqueda de oportunidades, gestión de contactos industria-universidad y gerencia de proyectos. Sin embargo, las encuestas de este estudio indican que las firmas colombianas más progresistas tecnológicamente recurren poco a este modelo de centros. Y recordemos que tampoco recurren directamente a la universidad.

Todo indica que ni la virtualidad de los centros, ni la universidad encerrada en la definición de su propia agenda de investigación, aportan de manera clara al Sistema Nacional de Innovación (SIN). Parece entonces conveniente una institucionalidad ligada estructuralmente al desarrollo de una agenda científico tecnológica estratégica para el país y con capacidad

para desarrollarla. Y esto significa unos CDT estructuralmente ligados, más que en simples alianzas, con las universidades. Que cuando el centro se comprometa, incorpore al mismo tiempo la capacidad de la universidad, superando ese rol de intermediación que tan poco parece interesar a la empresa colombiana. Este es el modelo que Colciencias debería apoyar.

**7.5. Una investigación aplicada en ingeniería ligada a programas estratégicos.** La ingeniería aparece actualmente recogida en cuatro programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCT): Energía y Minería, Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, y Electrónica, Telecomunicaciones e Informática.

Algunos vienen promoviendo la creación de un programa para la investigación en ingeniería como parte de los programas nacionales del SNCT. El argumento es que si existe una identidad de la ingeniería en dicho sistema, se estimularía la investigación en la disciplina.

Consideramos que la propuesta no es pertinente desde el punto de vista de un estímulo a la investigación aplicada, no solo porque comienza por el final, sino también porque la ingeniería tiene expresiones sectoriales muy específicas. Toda institucionalidad de fomento a la investigación debe estar precedida, y ser el resultado, de un plan estratégico de desarrollo en el área que se quiera fomentar. Muy importante que Colciencias promueva dicho instrumento en ingeniería y que se contemple, como parte de sus resultados, la institucionalidad necesaria para su desarrollo. Sin embargo hay otro aspecto esencial: como parte del apoyo de Colciencias y en otros casos de manera autónoma, prácticamente todos los CDT realizaron en 1997 y parte de 1998 una intensa planeación estratégica, y cuentan ya con sus planes de desarrollo, por lo menos los principales centros relacionados directamente con ingeniería. La existencia de los centros y de los planes da una connotación práctica a lo sectorial, obviamente con visión de cadena; también es claro, según las encuestas, que existe una estrecha relación entre algunos sectores y cierto tipo de ingenierías.

Por estas razones consideramos que la entrada de la ingeniería a un Sistema Nacional de Innovación debe sectorial y transversal en algunos casos, pero no disciplinar. Y sus productos deben tener igual connotación.

Sintetizando estas reflexiones en una sola propuesta, sería pertinente que Colciencias promueva una relación estructural entre los CDT y las universidades

alrededor de los planes estratégicos de los centros, como una buena forma de que estos dos componentes del Sistema de Innovación ingresen a él de manera práctica y apropiada.

**7.6. Maestrías y doctorados.** Los programas de maestría y doctorado constituyen el medio privilegiado para formar los investigadores que requiere un país. Lamentablemente, Colombia tiene uno de los atrasos mayores de América Latina en graduados de estos niveles y de programas de formación propia para ello, especialmente de doctorados; además, casi todos los doctores con que cuenta el país trabajan en las universidades, mientras que en los países desarrollados ocho de cada diez doctores investigadores trabajan en la industria.

La formación de doctores es un asunto de prioridad nacional, si se tiene en cuenta la situación actual a este respecto: la precariedad de la investigación aplicada, el modesto número de graduados de ingeniería con estos niveles superiores, el reconocimiento histórico de que esta profesión es el mejor de los puentes entre la ciencia y la tecnología, la necesidad de constituir industrias de futuro por el agotamiento que muestra nuestro modelo industrial y, en consecuencia, la necesidad de nuevos emprendimientos. Obviamente no podemos desconocer la importancia de las especializaciones y las maestrías en nuestro contexto, que resultan ser, muy corrientemente, pasos obligados y necesarios hacia una política seria de formación de doctores.

**7.7. Formación de técnicos y tecnólogos.** Las necesidades de modernización productiva del país dependen cada vez más del desarrollo y consolidación de su capacidad endógena de producción y apropiación de conocimiento científico y tecnológico, y ello está asociado a la diversificación y especialización de la estructura ocupacional. Así como se requiere de un equilibrio entre las diversas especialidades de ingeniería, es necesario un buen balance entre los diferentes tipos de formación, específicamente, entre ingenieros, técnicos y tecnólogos. De otra manera se tendrán personas realizando, posiblemente de manera inadecuada, tareas para las que no están bien capacitadas -que es lo que sucede en la actualidad.

En muchas empresas la innovación está centrada especialmente en el proceso, y, particularmente, en la maquinaria necesaria.; así mismo, algunos empresarios participantes en la encuesta manifestaron que los ingenieros no dominan estos equipos. Se pensaría, entonces, que tal vez necesitan tecnólogos más

que ingenieros y surgen en consecuencia reparos sobre la formación básica, la flexibilidad y adaptabilidad de los tecnólogos.

Es decir, se tienen ingenieros con carencias en lo tecnológico, y tecnólogos con carencias en lo básico. Si a esto adicionamos los datos sobre el exceso de ingenieros en Colombia (la pirámide invertida), llegamos a la conclusión de que hay un desplazamiento en los papeles laborales: existen demasiados ingenieros y algunos de ellos están realizando trabajos de tecnólogos (para los cuales no están debidamente capacitados); al mismo tiempo, la formación básica de los tecnólogos no les permite apropiarse plenamente de los papeles que hoy día están siendo ocupados por ingenieros. Es necesario garantizar la correcta orientación de las diferentes formaciones y su adecuado equilibrio en el campo laboral.

La demanda potencial por los programas técnicos y tecnológicos proviene de los estudiantes de los estratos populares, incapaces de pagar de contado las matrículas de las carreras universitarias, incluso en las instituciones de menor calidad que son más baratas. Ante la ausencia de un sistema de crédito educativo esa demanda potencial no puede expresarse como demanda solvente, y la oferta responde a las preferencias de los estudiantes de clases medias y altas, inclinándose hacia los programas largos profesionales.

Es cierto que el Sena (que cuenta hoy con unos 31.904 estudiantes en carreras postsecundarias de tipo técnico y 23.012 en carreras de tipo tecnológico) ofrece programas postsecundarios cortos y gratuitos para las clases populares, pero el país no puede confiar exclusivamente en financiar el desarrollo futuro de este tipo de programas con impuestos a la nómina, y tendrá que seguir contando con la oferta de las instituciones privadas.

El problema de la financiación de los estudiantes populares podría resolverse de tajo por la vía del crédito estudiantil. En este sistema podría fijarse un cupo porcentual más elevado para las carreras técnicas. El crédito podría combinarse con subsidios de sostenimiento (financiados por los municipios) a los estudiantes más pobres. Mientras tanto, mientras subsista el régimen subsidios a la oferta para las universidades públicas, el Estado podría al menos ir cambiando su forma, al menos en el margen, de tal manera que los nuevos recursos previstos por la ley se dedicaran al desarrollo de carreras cortas en áreas estratégicas.

En cuanto a la calidad, caben dos estrategias. La primera -ya mencionada- es implantar un sistema

de información expedito sobre calidades y oportunidades laborales por programas e instituciones: los estudiantes y las instituciones podrían guiarse en sus decisiones de demanda y oferta por indicadores que reflejen las tasas de retorno de cada uno de ellos.

La segunda es asegurar, dentro del Sistema Integral de Financiamiento de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico, una financiación adecuada para el desarrollo estratégico de este tipo de programas.

**CORPORACIÓN CIDE, MEDELLÍN**

*E-mail address:* [raubad@cta.org.co](mailto:raubad@cta.org.co)